

2002 P 10355

D 1  
37

(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) DE 102 44 614 A1 2004.04.15

(12)

## Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: 102 44 614.8

(22) Anmeldetag: 25.09.2002

(43) Offenlegungstag: 15.04.2004

(51) Int Cl.<sup>7</sup>: F02M 51/06

(71) Anmelder:

Siemens AG, 80333 München, DE

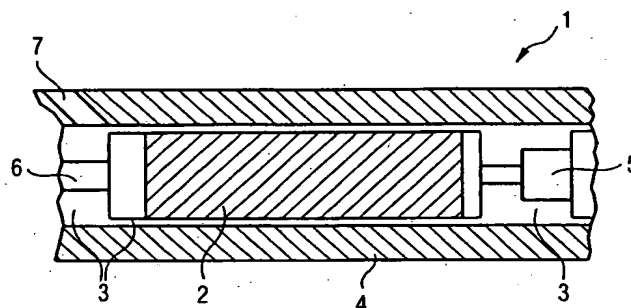
(72) Erfinder:

Bachmaier, Georg, 81675 München, DE; Gottlieb, Bernhard, Dr., 81739 München, DE; Schwebel, Tim, 81543 München, DE; Fischer, Bernhard, 84513 Töging, DE; Kappel, Andreas, Dr., 85649 Brunnthal, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: Einspritzventil mit Flüssigkeitskühlung und Verfahren zum Befüllen

(57) Zusammenfassung: Durch eine inerte elektrisch nicht leitfähige und mit hoher Wärmeleitfähigkeit versehene Flüssigkeit, die in Hohlräume zwischen dem Piezoelektrischen Multilayer Aktor und dem Einspritzventilgehäuse eingebracht wird, kann eine wesentliche Verlustwärmeabfuhr von der Piezokeramik hin zum Injektorgehäuse erzielt werden. Durch ein Vakuumbefüllverfahren lassen sich die den Piezoelektrischen Multilayer Aktor umgebenden Hohlräume auch nachträglich befüllen.



*aus DE*

2002 P 15703

## Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein mit einem Piezoelektrischen Multilayer Aktor (PMA) als Antriebselement versehenes Hochdruckeinspritzventil, insbesondere für Kraftstoff-Direkteinspritzung, sowie ein Befüllungsverfahren.

## Stand der Technik

[0002] Der PMA wird elektrisch angesteuert und erzeugt entsprechende Hubbewegungen, die auf die Ventilnadel übertragen werden. Dabei erzeugt der PMA Abwärme bzw. Verlustwärme. Das Problem besteht nun darin, dass diese Abwärme bisher schlecht abgeführt werden kann. In der Regel ist der Aktor von einer isolierenden Luftschicht umgeben, die sich in den zwischen PMA und Gehäuse befindlichen Hohlräumen befindet. Bei einer hohen Taktzahl von Einspritzungen oder bei Einspritzratenformung mit mehreren Einspritzungen pro Brennvorgang wird das Problem besonders akut, denn die dabei vermehrt auftretende Abwärme muss abgeführt werden oder sie begrenzt den Einsatzbereich des Aktors, der bei Überhitzung irreversibel geschädigt wird.

## Aufgabenstellung

[0003] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Einspritzventil und ein Herstellungsverfahren bereitzustellen, mittels derer ein PMA innerhalb eines hoch belasteten Einspritzventils wesentlich besser gekühlt wird als im Stand der Technik.

[0004] Die Lösung dieser Aufgabe geschieht durch die jeweiligen Merkmalskombinationen des Anspruchs 1 bzw. 7.

[0005] Vorteilhafte Ausgestaltungen sind den Unteransprüchen zu entnehmen.

[0006] Der Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, dass die luftgefüllten Hohlräume zwischen PMA und Gehäuse 4 thermisch isolierend wirken. Hierdurch wird einem Überhitzen des PMA nicht abgeholfen. Die Hohlräume befinden sich in axialer Richtung links und rechts neben dem PMA sowie als Luftspalt zwischen PMA und Gehäuse. Über eine Öffnung im Gehäuse gibt es einen Zugang, der es erlaubt, die Wärmekopplung durch ein geeignetes Medium zu verbessern.

[0007] Ein geeignetes Medium ist eine Flüssigkeit mit hoher Wärmeleitfähigkeit, so dass am PMA entstehende Abwärme über die zwischenliegende Flüssigkeit an das Gehäuse 4 weitergeleitet werden kann. Das Gehäuse 4 nimmt die Wärme vom PMA auf und gibt sie nach außen hin ans Gehäuse ab.

[0008] Eine vorteilhafte Ausgestaltung sieht vor, dass das Gehäuse zusätzlich mit Kraftstoffbohrungen versehen ist, durch die regelmäßig Kraftstoff durchgeführt wird, der in diesem Fall gleichzeitig zum Wärmeabtransport dient.

[0009] Der Einsatz von Siliconöl ist mit besonderen

Vorteilen verbunden, da dieses Kühlmedium gleichzeitig chemisch inert ist und elektrisch nicht leitend. Darüber hinaus hat es eine niedrige Dielektrizitäts-Konstante und erhöht somit die Überschlagsfestigkeit des Aktors.

## Ausführungsbeispiel

[0010] Im folgenden wird anhand einer schematischen Figur ein Ausführungsbeispiel beschrieben:

[0011] Die Figur zeigt ein Einspritzventil 1 mit einem piezoelektrischen Multilayer Aktor 2, umgeben von Hohlräumen 3, in denen elektrische Leitungen geführt werden, wobei der PMA 2 einseitig axial an einem Widerlager 6 abgestützt ist und axial gegenüberliegend eine Ventilnadel 5 betätigt.

[0012] Durch die inerte Flüssigkeit mit hoher Wärmeleitfähigkeit, welche die Hohlräume 3 um den PMA 2 teilweise oder ganz ausfüllt, wird die Wärmeabfuhr von der Piezokeramik hin zum Injektorgehäuse 4 und weiter zum Kraftstoff, der ebenfalls zur Wärmeableitung benutzt werden kann, vereinfacht und minimiert.

[0013] Die Flüssigkeit sollte neben einer hohen Wärmeleitfähigkeit chemisch inert, das heißt nicht korrosiv sein, weiterhin elektrisch nicht leitend, da in den Hohlräumen 3 elektrische Leitungen verlegt sind und als vorteilhafte Ausgestaltung sollte die Flüssigkeit nicht hygroskopisch sein. Dieser letzte Punkt ist nachteilig zu bewerten, weil Ansammlungen von Wasser zu Korrosion führen können und die elektrische Leitfähigkeit nicht bei Null ist.

[0014] Der Befüllungsprozess eines montierten Einspritzventils mit einer Flüssigkeit zur Kühlung des PMA 2 wird wie folgt beschrieben:

[0015] Eine vorzugsweise in der Nähe des Widerlagers 6 im Gehäuse 4 befindliche Bohrung 7 kann als Zugang zu den Hohlräumen 3 verwendet werden. Darüber hinaus sind elektrische Leitungen über diese Bohrungen zu erreichen. Die Hohlräume 3 sind in der Regel mit Luft befüllt. Der Zugang 7 wird normalerweise mit einem Kunststoff verschlossen. Wird dieser Zugang 7 geöffnet, so kann ein Kühlmedium eingeführt werden.

[0016] Nachdem der Zugang 7 geöffnet ist, ergibt sich das Problem, durch diese relativ enge Öffnung hindurch eine Befüllung vorzunehmen. Dies gelingt, indem der Injektor bis über die freigelegte Öffnung in das Medium, die Flüssigkeit, getaucht wird und dies Anordnung dann evakuiert wird. Im Inneren des Injektors gibt es keine Bauteile oder druckempfindliche Hohlräume, die durch diese Vakuumtechnik Schaden nehmen könnten. Somit kann die Vakuumtechnik bedenkenlos eingesetzt werden. Beim anschließenden 'Belüften' drückt der auf der Fluidoberfläche lastende Druck das Fluid in die Hohlräume des Injektors.

[0017] Vorzugsweise wird als Flüssigkeit ein Siliconöl eingesetzt. Je nach Hersteller kann dieses beispielsweise eine Wärmeleitfähigkeit von  $\lambda \geq 0,163 \text{ W/(m} \times \text{K)}$  aufweisen. Luft weist dahingegen einen Leitfähigkeitswert von  $\lambda = 0,0026 \text{ W/(m} \times \text{K)}$  auf.

[0018] Für die verbleibende thermische Ausdehnung des Mediums bzw. der Kühlflüssigkeit muss die Befüllöffnung offen bleiben. So kann die Befüllöffnung beispielsweise mit einem Ausdehnungsreservoir verbunden werden. Im Allgemeinen wird dies aber wegen der Einbausituation nicht möglich sein. Da die Vakuumbefüllung wiederholt angewendet werden kann, stellt dies jedoch kein Problem dar. Fluidverluste können durch einen erneuten Befüllvorgang wieder ersetzt werden.

[0019] Eine vorteilhafte Variante zur Eliminierung des Problems der thermischen Ausdehnung der Flüssigkeit besteht darin, die Hohlräume 3 im Injektor 1 nur teilweise mit Fluid zu füllen und einen Rest an Luftvolumen im Injektor zu belassen. Damit kann die Öffnung mit einer semipermeablen Membran, die für Wasserdampf und Luft durchlässig ist, verschlossen werden. Mit der Vakuumbefülltechnik kann das Verhältnis von Luftvolumen zu Fluidvolumen nach dem Gesetz von Boyle-Mariott ( $P \times V = \text{const}$ ) exakt eingestellt werden. Wird z. B. der Druck zuerst von 1 bar auf 0,1 bar erniedrigt, dann befinden sich nach dem Befüllen 90% Flüssigkeit und 10% Luft im Injektor. Um das Verhältnis von Luft zu Fluid zu bestimmen, braucht man also weder das Gasvolumen der Hohlräume zu kennen, noch muss das Fluid beim Einfüllen abgemessen werden.

[0020] Durch die überwiegende Befüllung mit Flüssigkeit ist der Wärmeabtransport bereits verbessert. Dehnt sich die Flüssigkeit infolge von Erwärmung noch aus, dann wird mehr isolierende Luft verdrängt. Die Wärmeleitung verbessert sich also genau dann, wenn sie gebraucht wird.

[0021] Die Befüllung von Injektorinnenräumen mittels Vakuumbefülltechnik lässt sich am Injektor nachträglich durchführen. Bei geeigneter Wahl eines inerten nichtleitenden Fluides mit möglichst hoher Wärmeleitfähigkeit verbessert sich der Abtransport der im PMA erzeugten Wärme signifikant. Durch die so verbesserte Wärmekopplung an das umgebende Injektorgehäuse 4 kann eine unzulässige Erwärmung des PMA auch bei hohen Betriebsfrequenzen vermieden werden. Die Kühlung unter Einbeziehung des Kraftstoffes erbringt weitere Vorteile. Prinzipiell ist ein nahezu vollständig mit Flüssigkeit ausgefüllter Hohlraum am besten für den Abtransport von Verlustwärme geeignet.

#### Patentansprüche

1. Einspritzventil (1) mit einem lang gestreckten hohlzylinderförmigen Gehäuse (4), einem darin positionierten axial einseitig abgestützten Piezoelektrischen Multilayer Aktor (2), einer durch den PMA (2) betätigbaren Düsennadel (5) zur Dosierung eines Fluides, bei dem den PMA (2) umgebende oder angrenzende Hohlräume (3) mit einer inerten elektrisch nicht leitenden und gut wärmeleitfähigen Flüssigkeit gefüllt sind, die mit dem Gehäuse (4) in Kontakt steht.

2. Einspritzventil nach Anspruch 1, bei dem die Flüssigkeit nicht hygroskopisch ist.

3. Einspritzventil nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Flüssigkeit durch ein Silikonöl dargestellt ist.

4. Einspritzventil nach Anspruch 3, bei dem das Silikonöl eine Wärmeleitfähigkeit von  $\lambda \geq 0,163 \text{ W/(m} \times \text{K)}$  aufweist.

5. Einspritzventil nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem das Gehäuse (4) mit Kraftstoffbohrungen versehen ist.

6. Einspritzventil nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem eine Teilbefüllung der Hohlräume (3) vorliegt, das restliche Volumen mit Luft aufgefüllt ist und eine Befüllöffnung mit einer semipermeablen Membran verschlossen ist, die für Wasserdampf und Luft durchlässig ist.

7. Verfahren zur Befüllung der Hohlräume (3), die einen in einem Einspritzventil (1) befindlichen PMA (2) umgeben oder an ihn angrenzen, bei dem das Einfüllen der Flüssigkeit durch den Zugang (7) derart geschieht, dass das Einspritzventil vollständig in einen Vorrat von Flüssigkeit eingetaucht wird, die gesamte Anordnung evakuiert wird, und anschließend bei weiterhin untergetauchtem Einspritzventil der auf der Vorratsflüssigkeit lastende Druck die Flüssigkeit in die Hohlräume (3) des Injektors (1) drückt.

8. Verfahren nach Anspruch 7, bei dem die Evakuierung der gesamten Anordnung mehrmals hintereinander mit zwischenliegender Belüftung geschieht.

Es folgt ein Blatt Zeichnungen

